

**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# LAVATUOTANNON MATERIAALIHALLINTA

TEKIJÄ: Tuomas Oksman

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Tuomas Oksman			
Työn nimi Lavatuotannon materiaalihallinta			
Päiväys	24.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	32
Ohjaaja(t) lehtori Anssi Suhonen ja projekti-insinööri Kari Solehmainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Haapajärven Kome Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen-toimipisteelle. Tavoitteena oli suunnitella lavatuotannon nimikkeiden varastointi- ja hallintajärjestelmistä toimiva kokonaisuus. Työn tekeminen oli tarpeellista, koska lavatuotannon materiaalihallinta oli yrityksessä vaihtelevaa.</p> <p>Aluksi analysoitiin lavaluetteloa hyödyntäen eri lavamallien suosiota. Tämän jälkeen jalkauduttiin kartoittamaan lavatuotannon nykytilanne eli selvitettiin, kuinka kyseisellä hetkellä lavatuotannon nimikkeiden varastointi ja hallinta toteutettiin. Tämän jälkeen suosituimpien lavamallien osista tehtiin laajat osaluettelot 2D-piirrustuksien pohjalta ja osittain myös hyödyntäen saatavilla olevia 3D-malleja. Näin saatiin kerättyä kaikki tarvittava tieto nimikkeistä yhteen paikkaan ja samalla suosituimmat lavamallit tulivat tutuiksi. Osaluetteloita hyödyntäen suunniteltiin kuinka tulevaisuudessa nimikkeiden hallinta ja varastointi toteutetaan.</p> <p>Työn tuloksina suunniteltiin uudet ja selkeät paikat nimikkeille sekä toimivat ja kevytkäyttöiset hyllyjen valvonta- ja ohjausmenetelmät. Näin lavatuotannon hukkia poistettiin ja lavatuotannon kannattavuutta parannettiin. Tulevaisuudessa on mahdollisuus siirtyä tietokonepohjaisen WorkManager-ohjelman avulla reaaliaikaiseen nimikkeiden hallintaan.</p>			
Avainsanat materiaalihallinta, Lean, layoutsuunnittelu			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Tuomas Oksman			
Title of Thesis Material Management in Platform Production			
Date	24 April, 2015	Pages/Appendices	32
Supervisor(s) Mr Anssi Suhonen, Senior Lecturer and Mr Kari Solehmainen, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Haapajärven Kome Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final project was commissioned by the Iisalmi unit of Haapajärvi Kome Oy. The aim of this project was to plan a functional entity of the storage and management systems in platform production. The material management in the company varied a lot and therefore this project had to be done.</p> <p>The work was started by analyzing the popularity of different platform models and surveying the current situation of platform production. After this, a part lists of the most popular platform models was made utilizing 2D drawings and 3D models. In this way all the necessary information of the parts was collected and at the same time the most popular platforms became familiar. The part lists were used to plan material management in the future.</p> <p>As a result there were new and clear shelf locations. Monitoring and controlling the shelves were planned to be clear and easy. Wasting in platform production was reduced and therefore the profitability was increased. In the future the Iisalmi unit will have a possibility to move to real time management of items with the computer based WorkManager software.</p>			
Keywords material management, Lean, layout planning			
public			

## ESIPUHE

Haluan kiittää Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen-toimipisteen työnjohtajaa Ilkka Juutilaista mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta sekä tuesta projektin edetessä. Lisäksi haluan kiittää työn ohjauksesta Savonia-ammattikorkeakoulun lehtori Anssi Suhosta sekä projekti-insinööri Kari Solehmaista.

Kuopiossa 24.4.2015

Tuomas Oksman

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	LEAN .....	8
2.1	Toiminnan kehittäminen .....	8
2.2	Hukka .....	8
2.3	Imuohjaus.....	9
2.4	Jatkuva parantaminen – Kaizen .....	9
2.5	5S-menetelmä .....	10
3	MATERIAALIHALLINTA.....	11
3.1	Materiaalihallinnan tavoitteet .....	11
3.2	Varastot .....	11
3.2.1	Varastolajit .....	11
3.2.2	Varastojen suunnittelu.....	12
3.3	Varastovalvonta .....	12
3.4	Nimikkeiden luokittelumenetelmät.....	13
3.5	Varastonohjausmenetelmät .....	13
3.5.1	Taloudellisen tilauserän malli EOQ.....	13
3.5.2	Tilauspistemallit .....	14
3.5.3	Imuohjaus .....	15
3.6	Varastointi.....	15
3.6.1	Kuormalavavarastointi .....	15
3.6.2	Pientavaravarastointi .....	16
3.6.3	Pitkän tavaran varastointi .....	16
3.6.4	Levyjen varastointi .....	16
4	LAYOUTSUUNNITTELU.....	17
4.1	Tuotantolinjalayout .....	17
4.2	Funktionaalinen layout .....	18
4.3	Solulayout .....	18
4.4	Layoutin valinta .....	19
4.5	Layoutsuunnittelun tavoitteet .....	19
5	LAVATUOTANNON NYKYTILA .....	20
5.1	Lavatuotannon hyllypaikat ja varastointimenetelmät .....	20

5.2	Eri lavamallien osuudet lavatuotannossa.....	23
6	LAVATUOTANNON MATERIAALIHALLINNAN KEHITTÄMINEN.....	24
6.1	Hyllyjen järjestys .....	24
6.2	Layout.....	26
6.3	Kuormalavahyllyn kustannusarvio .....	28
6.4	Hyllypaikkakortit .....	28
6.5	Varastovalvonta .....	29
6.6	Varastonohjaus.....	29
6.7	WorkManager-ohjelman hyödyntäminen.....	29
7	LEAN KÄYTÄNNÖSSÄ.....	30
8	YHTEENVETO.....	31
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	32

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen-toimipisteen toimeksiannosta. Työn aihe on suunniteltu työnjohtaja Ilkka Juutilaisen kanssa, ja idea työlle on syntynyt Juutilaisen oman opinnäytetyön pohjalta. Juutilaisen opinnäytetyössä tutkittiin ja kehitettiin lavatuotantoa kokonaisvaltaisesti. Tässä työssä paneudutaan syvällisemmin yhteen tiettyyn osa-alueeseen eli ratkaistaan lavatuotannon nimikkeiden varastoinnin sekä hallinnan ongelmat.

Työn tavoitteena on suunnitella lavatuotannon osien varastointi sekä niiden hallinta ja ohjaus toimivaksi kokonaisuudeksi. Työn pääpaino on suosituimpien lavamallien vakio-osien varastoinnissa. Työ on tarpeellinen, koska lavatuotannon nimikkeiden hallinta on yrityksessä vaihtelevaa; osa hyllyistä on huonossa järjestyksessä ja niiden valvonta ja ohjaus on sekavahkoa.

Työn teoriaosuudessa käsitellään aluksi Lean-toimintamallia, minkä jälkeen siirrytään melko kattavaan materiaalihallintaosuuteen ja lopuksi tutkitaan layoutsuunnittelun teoriaa. Layoutsuunnittelu käsitellään melko lyhyesti, koska työssä ei suunnitella koko lavatuotannon layoutia, vaan työn layoutsuunnittelun tarkoituksena on sijoittaa hyllypaikat viisaasti ja näin parantaa osien virtausta.

Haapajärven Kome Oy toimii kuudessa toimipisteessä viidellä paikkakunnalla. Paikkakunnat ovat Haapajärvi, Iisalmi, Rautalampi, Nummela ja Mikkeli. Sen toimenkuvaan kuuluu kuorma-autojen päällirakenteiden ja perävaunujen valmistus. Haapajärven Kome Oy:n tuotemerkit ovat KOME, RKP, BRIAB, AKM sekä KOME-akselit. Valmistettaviin tuotteisiin kuuluvat puutavara-, sora-, rahti-, umpikori-, vaihtolava-, turve- ja haketuotteet. Tuotanto-, toimisto- ja varastotiloja on yhteensä noin 17 500 m<sup>2</sup> verran. Kuvassa 1 näkyy Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen-toimipiste. (Haapajärven Kome Oy 2015.)



KUVA 1. Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen toimipiste (Ilkka Juutilainen 2012.)

## 2 LEAN

Lean-toimintamalli pohjautuu Toyotan tuotantoperiaatteisiin. Ensiksi se levisi autoteollisuuteen ja myöhemmin se on levinnyt lähes kaikille toimialoille. Lean-toimintamallissa on tarkoitus kehittää jatkuvasti yritystä ja sen toimintaa ja kehitykseen otetaan aktiivisesti mukaan myös työntekijät. Tärkeimmät kehitettävät asiat ovatkin siellä, missä asiakkaan saama arvo lisääntyy. Toimintaa parannetaan asiakasnäkökulmasta ja tuotteelle tehdään kaikki mahdollinen varmistaen tuotteen ja toiminnan laatu. (Kouri 2009, 6.)

### 2.1 Toiminnan kehittäminen

Lean-toimintaa voidaan kehittää monella eri tavalla. Yleisesti käytössä oleva etenemistapa on seuraavanlainen (Kouri 2009, 8 – 9.) :

1. Arvo. Tuotteen ja palvelun arvoa on mietittävä asiakasnäkökulmasta. On tiedettävä, mitä asioita asiakas arvostaa ja mistä hän on valmis maksamaan. Näin osataan kehittää toimintaa oikealla tavalla.
2. Arvoketju. Arvoketjun laatimisella määritetään prosessit ja toiminnot, joista asiakkaan saama arvo muodostuu. Sen jälkeen arvoa tuottavia prosesseja tehostetaan ja arvoa tuottamattomia prosesseja poistetaan.
3. Virtautus. Tuotanto on suunniteltava niin, että tuotteiden virtaus olisi mahdollisimman sujuvaa eikä virtauksessa tulisi pysähdyksiä. Tällöin materiaalivirran on oltava lyhyt ja selkeä. Välivarojen tulee olla mahdollisimman pieniä ja siirtomatkojen mahdollisimman lyhyitä.
4. Imu. Tuotteita ja osia tulisi valmistaa todellisen tarpeen tai kulutuksen mukaan ja tuotteiden valmistusta varastoon tulisi välttää.
5. Täydellisyyteen pyrkiminen. Ratkaistaan ongelmat ja poistetaan eri hukkailmiöitä, toisin sanoen kehitetään prosesseja.

### 2.2 Hukka

Lean-toimintamallissa tuottavuutta ja laatua parannetaan poistamalla erilaisia hukkia. Hukka on prosessi, joka ei tuota tuotteelle lisäarvoa ja on siten turhaa työtä. Hukkailmiöt heikentävät työn kannattavuutta ja estävät tehokkaan työn tekemisen. Tuotannon hukat voidaan jakaa seitsemään eri hukkaan (Kouri 2009, 10 - 11.) :

- 1. Ylituotanto.** Tuotteita valmistetaan enemmän, kuin olisi tarvetta. Ylituotanto lisää keskeneräiseen tuotantoon sitoutunutta pääomaa ja varastot täyttyvät turhaan.



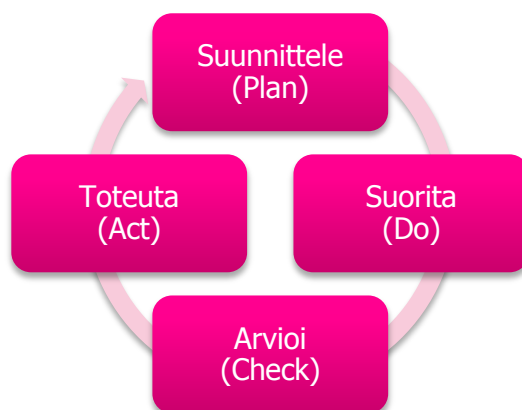
- 2. Odottelu ja viivästykset.** Odottelua voi syntyä esimerkiksi laitehäiriöistä tai materiaalipuutteista. Odottelu ei tuota lisäarvoa.
- 3. Tarpeeton kuljettaminen.** Pitkät välimatkat esimerkiksi työpisteiden ja varastojen välillä aiheuttavat turhaa liikuttelua.
- 4. Laatuvirheet.** Asiakastyytyväisyys huononee ja materiaaleja sekä kapasiteettia menee hukkaan.
- 5. Tarpeettomat varastot.** Varastot lisäävät kustannuksia ja suuret varastot voivat piilottaa prosessin ongelmia ja niiden vaikutuksia ei siten huomaa.
- 6. Ylikäsittely.** Tehdään asiakkaan näkökulmasta merkityksettömiä asioita.
- 7. Tarpeeton liike työskentelyssä.** Tarpeeton liike on hukkaa.

### 2.3 Imuohjaus

Imuohjauksessa valmistus aloitetaan, kun impulssi on saatu. Impulssin voi aiheuttaa esimerkiksi tyhjenevä hyllypaikka tai imuohjauskortti eli Kanban. Kanban-kortissa näkyy tuotteen nimike sekä valmistusmäärä. Kanban sopii sellaisille vakiotuotteille tai -osille, joiden kulutus on melko tasaista. Imuohjaus muun muassa yksinkertaistaa materiaalinohjausta ja pienentää varastoja, lyhentää tuotannon läpäisyaikaa, selkeyttää tuotantoa ja parantaa tuotannon joustavuutta. (Kouri 2009, 22 - 23.)

### 2.4 Jatkuva parantaminen – Kaizen

Lean-toiminta perustuu siihen, että toimintaa parannetaan jatkuvasti ja systemaattisesti. Jokainen työntekijä vastaa tuotteen ja toiminnan laadusta. Pienryhmät perehtyvät ongelmiin ja ratkaisevat ne. Ongelmien huomaamista ei pidä ajatella negatiivisesti, vaan ongelma on mahdollisuus kehittää laatua, työskentelytehokkuutta tai työturvallisuutta. Lean-ajattelumallissa kehitysideat eivät aina ole mullistavia innovaatioita, vaan kehitysideoita voi alkaa miettimään ihan arkipäiväisestä työnteosta. Jokainen voi siis miettiä, miten voisi tehdä työnsä helpommin tai mikä puolestaan vaikeuttaa päivittäistä työntekoa. Prosessien kehittäminen parantaa koko yrityksen toimintaa ja kannattavuutta. (Kouri 2009, 14.)



KUVIO 1. Jatkuva parantaminen (Muokattu lähteestä: Kouri 2009, 15.)

Käytännössä jatkuvaa parantamista kannattaa toteuttaa kuvion 1 mukaisesti (Kouri 2009, 15.) :

1. **Suunnittele** asia tai toimenpide, jota haluat parantaa. Tutki eri vaihtoehtoja ja tee vaihtoehtojen pohjalta valinta ja suunnittelu.
2. **Suorita** kokeilu uudella työskentelymenetelmällä.
3. **Arvioi** kuinka kokeilu toimi. Kirjaa hyvät ja huonot asiat.
4. **Toteuta** hyväksi havaitut muutokset ja vakiinnuta ne kaikkialla.
5. **Jatka** toiminnan kehittämistä.

## 2.5 5S-menetelmä

5S-menetelmä tarkoittaa työskentely-ympäristön siisteyden ja järjestyksen ylläpitoa. Se on yksi lukuisista jatkuvan parantamisen työkaluista. Sillä voidaan vähentää tuhlausta, parantaa laatua sekä lisätä työturvallisuutta ja työviihtyvyyttä ja parantaa näin tuottavuutta ja kannattavuutta. 5S:n toteutus on helpompaa kuin sen ylläpito. Ylläpitäminen vaatii jokaiselta työntekijältä vahvan sitoutumisen noudattaa ja toteuttaa menetelmää. (Teknologiateollisuus 2009, 4 - 8.)

5S-menetelmän eri vaiheet (Liker 2006, 150.) :

1. Seiri – Lajittelu. Erotellaan tavarat välttämättömiin ja turhiin tavaroihin. Työskentelyyn tarvittavat tavarat varastoidaan ja sijoitetaan helposti löydettäväksi. Turhat tavarat hävitetään.
2. Seiton – Yksinkertaistus. Järjestetään tarvittavat tavarat selkeästi.
3. Seiso – Puhdistus. Ylläpidetään puhtautta.
4. Seiketsu – Standardointi. Luodaan rutiinit puhtaanapidolle ja kehitetään niitä jatkuvasti.
5. Shitsuke – Ylläpito. Noudatetaan ja ylläpidetään järjestelmää.

### 3 MATERIAALIHALLINTA

Materiaalihallinta tarkoittaa, kuinka hallitaan yrityksessä tarvittavia materiaaleja, kuten raaka-aineita, puolivalmisteita ja lopputuotteita. Tilaus-toimitusprosessien aikajänteiden lyhentyessä varastojen kokoja on pystytty pienentämään merkittävästi. Tämä vaatii materiaalitoimintojen tehokasta organisoimista ja hallintaa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri ja Miettinen 2009, 444.)

#### 3.1 Materiaalihallinnan tavoitteet

Materiaalihallinnan kaksi keskeistä perustavoitetta ovat palvelutason ylläpitäminen ja materiaalihallinnan kokonaiskustannusten minimointi. Halutun tason ylläpitäminen on vaikeampaa kuin sen saavuttaminen, joten ylläpitäminen on tärkeää. Materiaalihallinnan kokonaiskustannukset muodostuvat seuraavista kustannuksista: materiaalit, kuljetus, vastaanotto, tarkastus, varastointi, jakelu, materiaalivirheet, puute ja reklamaatiot. Kustannuksia on tärkeä ajatella kokonaisuutena, eikä vain yhtä tiettyä kustannusta yksitellen. Esimerkiksi pelkästään ostohintojen ajattelu voi kasvattaa laatukustannuksia ja johtaa näin kokonaiskustannuksien nousuun. (Haverila ym. 2009, 443 - 444.)

#### 3.2 Varastot

Lähes jokaisessa yrityksessä on tuote- ja materiaalivarastoja. Varastot mahdollistavat paremman toimituskyvyn ja tuotannon eri vaiheet on helpompi suunnitella ja toteuttaa. Varastot halutaan kuitenkin pitää mahdollisimman pieninä, koska ne eivät ole ilmaisia ja varastossa ollessa tuote voi vanhentua. Varastoihin sitoutuu paljon pääomaa ja jonkun on myös huolehdittava niistä ja niiden käsittelystä. (Haverila ym. 2009, 446; Peltonen 1997, 76.)

##### 3.2.1 Varastolajit

Tuotannossa käytetään pääasiassa seuraavanlaisia varastoja (Haverila ym. 2009, 446 - 447.) :

1. Puskurivarasto. Puskurivarastot turvaavat toimintakyvyn. Puskurivarastoa tarvitaan, kun tuotteen tekemiseen kuluva aika on pitempi kuin asiakkaan toimitusvaatimukset.
2. Välivarasto. Eri työvaiheiden nopeuksien ollessa poikkeavia tarvitaan välivarasto, johon varastoidaan keskeneräisiä tuotteita. Tuotantoprosesseissa turhat välivarastot on kuitenkin pyrittävä poistamaan, koska ne hidastavat läpäisyaikaa.
3. Eräkoon kannattavuudesta johtuva varasto. Valmistusasetusten teon ollessa työlästä on kannattavampaa tehdä jotakin osaa kymmenen yhden sijaan.
4. Kuljetusten ja siirtojen aiheuttamat varastot. Pakkaus, lastaus, kuljetus ja purku muodostavat varastointia ja näin läpäisy aika pitenee.

5. Virheiden varalta pidettävä varasto. Virheen sattuessa toimintavarmuus säilyy varaston avulla. Tällainen varasto peittää toiminnan laatuongelmat ja niihin on siten vaikea tarttua, joten virheiden varalta pidettäviä varastoja tulee välttää.

### 3.2.2 Varastojen suunnittelu

Materiaalihallinnan yksi tärkeimmistä asioista on määrittää oikeankokoiset varastot. Varastojen on turvattava yrityksen toimintakyky ja vaadittava palvelutaso mahdollisimman pienillä kustannuksilla. (Haverila ym. 2009, 449.)

Varastotasojen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon monta eri tekijää. Oleellisinta ei ole puute- ja varastointikustannusten optimointi vaan se, kuinka ylläpidetään haluttu palvelutaso minimikustannuksin. Palvelutasoon vaikuttavat varastoinnin lisäksi muun muassa toimitustiheys, tiedonvälityksen nopeus sekä asiakkaan ja toimittajan yhteistyön kehitys. (Haverila ym. 2009, 445.)

### 3.3 Varastovalvonta

Varastovalvonta on tärkeää toiminnanohjauksen kannalta ja se onkin oltava perusrutiini. Tuotteiden tai osien varastomäärät ovat tarpeellisia lähtötietoja, kun suunnitellaan tai tehdään päätöksiä. Tällaisia ovat esimerkiksi toimitusaikojen määrittely, tuotantoerien suunnittelu ja materiaalien hankinta. Varastovalvonnan ollessa huonoa on toiminnanohjaus vaikeaa ja silloin siitä voi aiheutua lisäkustannuksia. (Haverila ym. 2009, 450.)

Varastovalvonnan menetelmät ovat (Haverila ym. 2009, 450 - 453.) :

1. Hankitaan tarvittaessa. Varastoon hankitaan materiaalia, kun saadaan asiakkaan tilaus tai kun valmistuserä on materiaalin tarpeessa. Tämä on hyvä tapa, kun materiaalin menekkiä ei tiedetä tarkalleen tai ei ole mahdollisuutta varastoida materiaalia.
2. Varastokirjanpito. Varastojen seurantaan tehdään tarkka kirjanpito, yleensä tämä hoituu yrityksen tietojärjestelmän avulla. Siihen laitetaan ylös kaikki materiaalitapahtumat, näin tiedetään varastosaldot ja niihin voidaan luottaa.
3. Visuaalinen valvonta. Eli valvotaan varastotasoja visuaalisesti. Tästä hyvä esimerkki on kahden laatikon menetelmä. Tiettyä tuotetta säilytetään kahdessa laatikossa ja ensimmäisen laatikon tyhjentäessä tehdään täydennystilaus.
4. Inventointi. Tarkoittaa inventaariota eli lasketaan tuotemäärät fyysisesti.
5. Tavarantoimittaja vastaa materiaalililanteen valvonnasta.

### 3.4 Nimikkeiden luokittelumenetelmät

ABC-analyysi on suosituin menetelmä nimikkeiden luokitteluun. Analyysissä seurataan vuotuista myyntivolyymia. Pieni osuus nimikkeistä muodostaa valtaosan vuotuisesta volyymistä, kun taas suuri osuus muodostaa vain pienen osan vuotuisesta volyymistä. (Hokkanen ja Virtanen 2012, 74.)

ABC-analyysin avulla on tarkoitus saada käsitys siitä, mitkä ovat tärkeimmät tuotteet ja miten varastonohjausta tulisi kehittää. Menetelmällä on tarkoitus etsiä taloudellisesti tärkeimmät nimikkeet. (Hokkanen ja Virtanen 2012, 74.)

### 3.5 Varastonohjausmenetelmät

Varastojen ohjaukseen soveltuu muun muassa tilauspiste-, varmuusvarasto-, täydennyserä koko, sekä usean nimikkeen varastonohjaustapa. Varastonohjaustavat, jotka perustuvat laskennallisiin kaavoihin ovat periaatteessa vanhanaikaisia. Niiden toteuttaminen käytäntöön on vaikeaa. Ne antavat kuitenkin hyvän lähtökohdan silloin, kun aikaisempaa kokemusta tai tietoa ei ole. Erilaisia malleja soveltaessa on hyvä muistaa, että monet ohjausmenetelmistä ovat suuntaa antavia. Paras tapa olisi tilata tuotannon tarpeiden mukaan, mutta tämä ei ole aina mahdollista, koska näin toimitusajat ovat liian suuressa osassa. (Hokkanen ja Virtanen 2012, 76.)

#### 3.5.1 Taloudellisen tilauserän malli EOQ

Tilauserien koko vaikuttaa varastojen kokoon, joten se vaikuttaa myös yrityksen vaihtopääoman suuruuteen. Optimaalisella ostoerällä kokonaiskustannukset saadaan kaikkein alhaisimmaksi. Taloudellinen tilauserä EOQ voidaan laskea Wilsonin kaavan avulla:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{C_i \times U}}$$

jossa

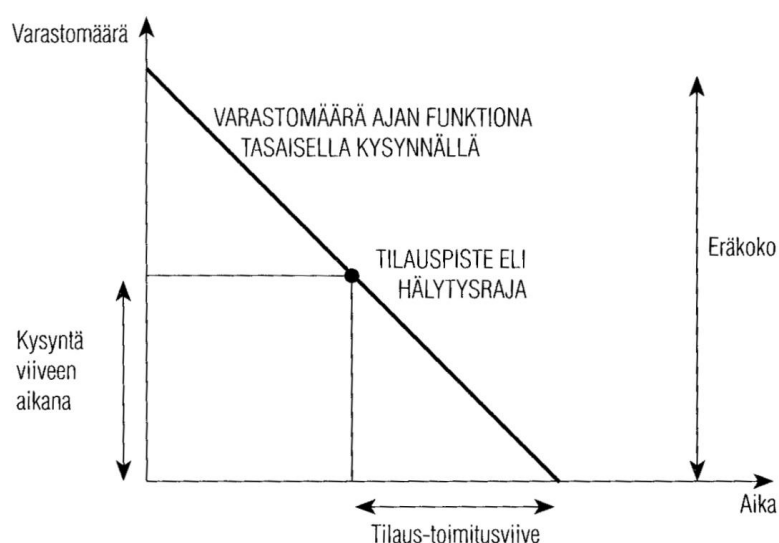
- D = vuosikulutus (kpl)
- C<sub>o</sub> = toimituserän tilauskustannus (€)
- C<sub>i</sub> = varastointikustannus (%/vuosi)
- U = nimikkeen yksikköhinta

Kaavan parametreille on esitetty kritiikkiä, koska toimituserän hankintakustannukset ja vuotuiset varastointikustannukset ovat vaikeita määrittää tarkasti. Tämän lisäksi kaava jättää huomiotta kustannusten vaihtelun ja halutun palvelutason. Kaava antaa kuitenkin lähtökohtaa varastointiin. (Hokkanen ja Virtanen 2012, 77.)

### 3.5.2 Tilauspistemallit

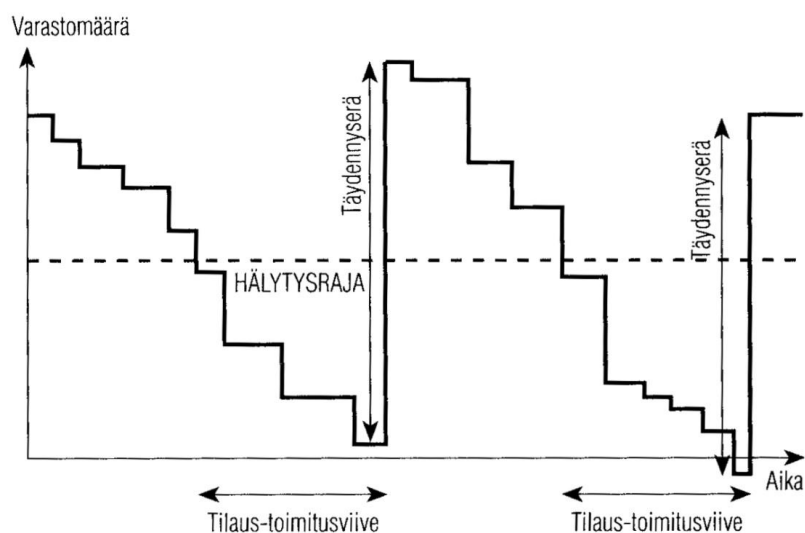
Tilauspistemalleissa täydennystilaus tehdään, kun varastosaldo saavuttaa tai alittaa hälytysrajan. Hälytysrajan suuruus määritetään nimikkeen kysynnän, nimikkeen toimitusajan ja mahdollisesti myös kokonaiskustannusten avulla. Tarkoituksena saada hälytysraja sellaiseksi, että puutteita ei syntyisi ollenkaan tai puutteet olisivat todella harvinaisia ja puutekustannuksiltaan pieniä. (Karrus 2001, 43.)

Tasaisella kysynnällä tilauspisteen määrittäminen on helpompaa kuin vaihtelevalla kysynnällä. Kuvassa 2 esitetään tilauspiste eli hälytysraja tasaisella kysynnällä tilauspistemenetelmää käytettäessä. (Karrus 2001, 44 - 45.)



KUVA 2. Tilauspiste tasaisella kysynnällä (Karrus 2001, 44.)

Vaihtelevalla kysynnällä varastotilanne käyttäytyy polveilevasti ja sen ennustaminen on siten hankalaa. Kuvassa 3 esitetään varastotason kehitys vaihtelevalla kysynnällä. (Karrus 2001, 44 - 45.)



KUVA 3. Varastotason kehitys vaihtelevalla kysynnällä (Karrus 2001, 45.)

### 3.5.3 Imuohjaus

Imuohjauksella pyritään vähentämään varastoihin sitoutunutta pääomaa. Asiakkaan kysyntä käynnistää imuohjauksen. Tuotetta tai nimikettä valmistetaan tai tilataan tulevaisuuden tarpeiden mukaan. Imuohjausperiaatteista tunnetuin on JIT (Just In Time); Suomessa termistä käytetään myös muotoa JOT (Juuri Oikeaan tarpeeseen). (Hokkanen ja Virtanen 2012, 80.)

## 3.6 Varastointi

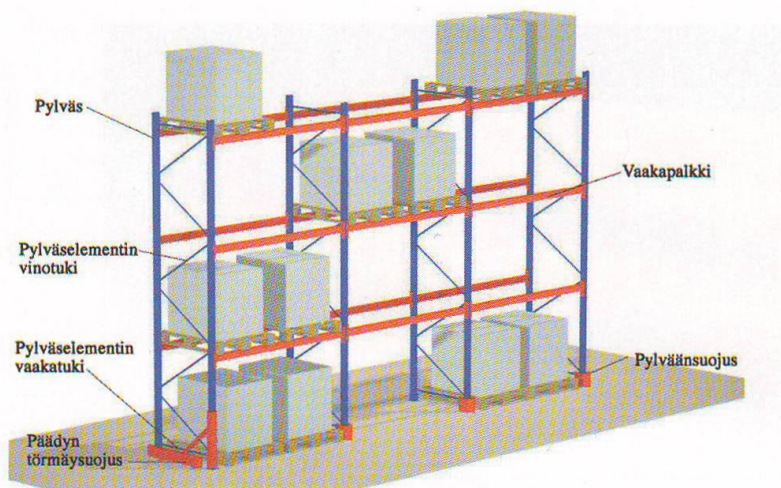
On olemassa paljon erilaisia varastointimuotoja. Niissä otetaan erityisesti huomioon tavaroiden koko, muoto ja määrä (Karhunen, Pouri ja Santala 2004, 325).

### 3.6.1 Kuormalavavarastointi

Lavakuorma on yleisin tapa varastoida kappaletavaroita. Lavakuorma kootaan yleensä standardoidun lavan päälle. Yleisimmät standardoidut lavat ovat FIN-lava (1 000 x 1 200 mm) tai EUR-lava (800 x 1 200 mm). FIN-lavaa käytetään vain pääasiassa Suomessa, kun taas EUR-lava on käytössä koko Euroopassa. Kuormalavojen mitat ovat useasti lähtökohtana, kun mitoitetaan varastotiloja (kuten käytävät ja vastaanottoalueet). Kuormalavoihin on saatavilla erilaisia lavakehyksiä ja -kauluksia, jotta monenlaisten ja monenkokoisten nimikkeiden varastointi onnistuu kätevästi. (Karhunen ym. 2004, 307 - 309, 311 - 312.)

Lavojen rakenne on suunniteltu niin, että lava on helppo ottaa trukin tai haarukkavaunun haarukoilla sen lyhyeltä sivulta. Lyhyellä sivulla rakenne on avonaisempi, kun taas pitkällä sivulla lattiaa vasten on yhtenäinen alalauta. Varastojen rakenteet suunnitellaankin yleensä lyhytsivukäsittelylle, niin että lavakuormat sijoitetaan hyllystöön lyhyt sivu käytävälle päin. Lavakuormia on mahdollista myös varastoida ilman kuormalavahyllyä, jos kuormien muoto ja kestävyys sallivat niiden pinoamisen päällekkäin. (Karhunen ym. 2004, 310, 325.)

Kuvassa 4 näkyy kuormalavahyllyn rakenne ja osien nimitykset. Tavallisesti kuormalavahyllyt ovat noin 4 - 6 metrin korkuisia, jolloin niissä on 4 - 5 lavapaikkaa päällekkäin (Karhunen ym. 2004, 325).



KUVA 4. Kuormalavahyllyn rakenne (Karhunen ym. 2004, 310.)

### 3.6.2 Pientavaravarastointi

Pientavara varastoidaan lähes poikkeuksetta käyttämällä pientavarahyllyjä. Pientavarahyllyt ovat yleensä taivutettua teräslevyä ja ne on suunniteltu niin, että niiden muuntelu ja laajentaminen on mahdollista. Pientavarahyllyt ovat monipuolisia: niissä voi säilyttää tavaraa joko pelkällä hyllytasolla tai laatikoida säilytettävä tavara. Keräyskorkeuden tulisi olla enintään 2 100 mm, jos tavaraa on tarkoitus käsitellä ilman apuvälineitä. Menevimmät nimikkeet sijoitetaan hyllyn keskikorkeudelle, kun taas harvemmin tarvittavat nimikkeet ylä- ja alahyllyille. (Karhunen ym. 2004, 338 - 340.)

### 3.6.3 Pitkän tavarän varastointi

Pitkät tavarat varastoidaan yleensä ulokehyllyihin tai pölkkyjen päälle pinottuina. Ulokehyllyjen etu on monien eri tavaralaatujen varastointi pienessä tilassa. Kuvassa 5 varastoidaan pitkää tavaraa ulokehyllyssä. (Karhunen ym. 2004, 319 - 320.)



KUVA 5. Pitkän tavarän varastointia ulokehyllyissä (Tuomas Oksman 2015-03-23.)

### 3.6.4 Levyjen varastointi

Levyjen käsittely on melko hankalaa, koska ne ovat yleensä kookkaita ja painavia. Niitä voidaan varastoida joko pysty- tai vaaka-asennossa. Pystyvarastoinnissa levyille jaetaan pystytolpilla sopivia välejä, joihin levyt laitetaan. Vaaka-asennossa levyistä muodostetaan pino, joten vain päällimmäinen levy on otettavissa heti. (Karhunen ym. 2004, 366.)



## 4 LAYOUTSUUNNITTELU

Layoutsuunnittelu on tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua tiloihin. Lopullinen layout on aina kompromissi. Layoutsuunnittelu on iso kokonaisuus ja kaikkia asioita ei voi ottaa koskaan täydellisesti huomioon. (Haverila ym. 2009 475, 481.)

Layoutsuunnittelun perustana ovat seuraavat tekijät (Haverila ym. 2009, 481.) :

- 1. Tuotteiden rakennetiedot** kuvaavat, mitä puolivalmisteita, komponentteja ja raaka-aineita valmistettavaan tuotteeseen tarvitaan.
- 2. Työnvaiheistus** tarkoittaa tuotteen työvaiheita ja niiden järjestystä.
- 3. Tuotantomäärä** eli kuinka paljon tuotteita valmistetaan. Tämän perusteella mitoitetaan tuotantokoneisto, tuotantomuoto ja -tekniikka.
- 4. Tuotannon aikajänne** kertoo, kuinka pitkään tuotanto pysyy suunnitelman mukaisena.
- 5. Tukitoiminnot** tarkoittavat esimerkiksi sosiaalituloja ja jätteiden käsittelyä. Mietittävä, mitä tukitoimintoja tarvitaan.

### 4.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjassa koneiden ja laitteiden järjestys on valmistettavan tuotteen työnkulun mukainen ja selkeä. Jokainen valmistuslinja on erikoistunut jonkin osan tekemiseen, ja kokoonpanolinja kokoaa näistä osista valmiin lopputuotteen. (Haverila ym. 2009, 475.)

Keskeisiä edellytyksiä tuotantolinjan rakentamiselle ovat suuri volyymi ja korkea kuormitusaste. Tuotteen valmistusmäärien ollessa suuria saadaan tuotteen yksikköhinta alhaiseksi, vaikka tuotantolinjan rakentamisen kustannukset ovat korkeat. Tuotantolinja on herkkä häiriöille; pienikin ongelma vaikuttaa nopeasti koko linjan tuottavuuteen. Onkin erityisen tärkeää valvoa laatua tarkasti, koska tuotantolinjan ollessa seisahduksissa tai tuottaessa virheellisiä tuotteita nousevat kustannukset nopeasti suuriksi. (Haverila ym. 2009, 475.)

Tuotantolinjan pystyttämisen jälkeen kapasiteetin kasvattaminen on hankalaa, koska se vaatisi tuotantolinjalta muutoksia. Tuotteen vaihtaminen toiseen on työlästä, koska uudelle tuotteelle asetuksien tekeminen on aina yksilöllistä. Tuotantolinjaa on kuitenkin helppo ohjata, kun työkulku saadaan selkeäksi. Linjaa ohjataankin käytännössä yhtenä kokonaisuutena. (Haverila ym. 2009, 475 - 476.)

## 4.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisessa layoutissa keskenään samankaltaiset koneet ja työpisteet on sijoitettu yhtenäisiksi ryhmiksi. Esimerkiksi hitsauslaitteet ovat hitsaamossa ja sorvit sorvaamossa. Funktionaalista layoutia voidaan nimittää myös teknologiseksi layoutiksi. Nimitys tulee koneiden tuotantoteknologian perustuvasta ryhmittelystä. (Haverila ym. 2009, 476.)

Funktionaalisessa layoutissa yksi merkittävä etu on suuri tuotejoustavuus eli voidaan valmistaa joustavasti erilaisia tuotteita ja erikokoisia tuotantomääriä. On kuitenkin otettava huomioon systeemiin sisältyvien resurssien valmistusmahdollisuudet. Funktionaalinen layout on helppo toteuttaa ja se on halpa tuotantolinjaan verrattuna. (Lapinleimu, Kauppinen ja Torvinen 1997, 79.)

Töiden huono ohjattavuus on funktionaalisen toimintatavan suurin heikkous. Valmistettavaa tuotetta joudutaan ohjaamaan tarkasti erilaisia reittejä prosessin läpi ja silti läpäisy on hidasta. Töiden ohjaus työvaiheesta toiseen on hankalaa, kun koneilla on työjonot, mistä seuraakin, että keskeneräinen tuotanto kasvaa ja tuotannon läpäisy aika pitenee. Työpisteiden suurehkojen välimatkojen vuoksi materiaalien kuljetus- ja käsittelykustannukset muodostuvat myös melko suuriksi. Funktionaalisessa layoutissa ohjaus onkin sitä vaikeampaa, mitä suurempi systeemi on, joten systeemi olisi oltava mahdollisimman pieni toimiakseen tehokkaasti. Siksi funktionaalista toimintatapaa suositellaan käytettäväksi vain pieninä yksiköinä. (Lapinleimu ym. 1997, 80.)

## 4.3 Solulayout

Solu on koneista ja työpisteistä koostettu ryhmä, joten se on pieni itsenäinen valmistusyksikkö. Se on erikoistunut valmistamaan tiettyjä osia tai tekemään joitakin tiettyjä työvaiheita. Solulayout on ominaisuuksiltaan eräänlainen funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuoto. Läpäisyajat solutuotannossa ovat huomattavasti lyhyemmät verrattuna funktionaaliseen layoutiin. Solutuotannossa ei ole välivarastoja ja materiaalivirta on selkeä. Solun hyvä puoli tuotantolinjaan verrattuna on solun joustavuus, esimerkiksi solun siirtyessä uusiin tuotteisiin asetusajat ovat lyhyet. Funktionaaliseen järjestelmään verrattuna solu on tehokkaampi oman tuoteryhmänsä puitteissa. (Haverila ym. 2009, 477 - 478.)

Solussa voidaan valmistaa tuotteita yksittäiskappaleina sekä myös pieninä sarjoina. Solun tuotannon ohjausta pidetään helppona, koska se muodostaa vain yhden kuormituspisteen. Tuotantolinjaan verrattuna solusta on paljon helpompi etsiä ongelmia ja saada ratkaisu niihin. Mutta toisaalta solun koneiden ja laitteiden kuormitukset ovat keskimäärin alhaisemmat kuin tuotantolinjan. (Haverila ym. 2009, 478.)

Solun työntekijät suunnittelevat työtehtäviään ja työskentelevät itsenäisesti. Työntekijät vaikuttavat työnjakoon itse ja voivat halutessaan kierrättää työtehtäviä. Tämän on huomattu nostavan solussa työskentelevien työntekijöiden motivaatiota ja tuottavuutta. (Haverila ym. 2009, 478.)

#### 4.4 Layoutin valinta

Layoutin valintaan vaikuttaa, kuinka laaja tuotevalikoima on ja kuinka paljon tuotteita tuotetaan. Tuotantolinjalayout on hyvä, kun tuotetaan suuria määriä samantyyppisiä tuotteita. Funktionaalista layoutia suositetaan valmistettaessa suuria määriä tuotteita mutta tuotantomäärien ollessa pieniä. Solulayout tulee kysymykseen, kun valmistetaan eri tuotteita toistuvasti mutta ei kuitenkaan niin paljon, että kannattaisi muodostaa oma tuotantolinja. Solulayoutin etu on sen joustavuus verrattuna tuotantolinjaan valmistettaessa erityyppisiä tuotteita. Tehtaan sisällä layout voi vaihdella tuotantoprosessin vaiheen mukaisesti. Esimerkiksi tuotteiden kokoonpano tapahtuu linjassa, kun taas osat valmistetaan funktionaalisessa tai solulayoutissa. (Haverila ym. 2009, 479 - 480.)

#### 4.5 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Materiaalivirtojen hyvä suunnittelu on tärkeintä hyvälle layoutille. Osastot ja työpisteet on suunniteltava ja sijoitettava niin, että kuljetuskerrat ja -matkat saadaan minimiin. (Haverila ym. 2009, 482.)

Hyvällä layoutilla on nämä ominaisuudet: materiaalivirrat on suunniteltu tehokkaasti ja ne ovat selkeät, layoutia on mahdollisuus muuttaa tulevaisuudessa, kuljetusmatkat ovat lyhyitä, erityisosaaminen keskitetty samaan paikkaan, materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta, sisäinen kommunikointi on helppoa, työturvallisuus ja -tyytyväisyys on huomioitu ja tila on käytetty tehokkaasti. (Haverila ym. 2009, 482.)



Kuvassa 7 näkyvässä varastohyllyssä säilytetään valmiiksi tehtyjä lavojen osia. Osilla ei ole järjestelmällisiä hyllypaikkoja. Valmistetut osat lisätään sinne, missä niitä on ollut aiemmin tai sitten sinne, missä on sillä hetkellä vapaata tilaa. Jos hyllyihin ei sovi tavaraa, tavara varastoidaan kuormalavoilla lattialle. Hyllyt sisältävät myös jo poistuneiden lavamallien osia.



KUVA 7. Lavatuotannon pääasiallinen varastointihylly (Tuomas Oksman 2015-03-23.)

Kuvassa 8 näkyy keskipitkien palkkien sekä pohja- ja laitalevyjen nykyinen säilytystapa. Keskipitkät palkit ovat melko hyvässä järjestyksessä, mutta siellä on jo poistuneiden lavamallien osia. Kuvan 8 edustalla näkyy myös epämääräinen kuormalava, jossa on sekavasti erilaisia lavan osia.



KUVA 8. Keskipitkien palkkien sekä pohja- ja laitalevyjen säilytys (Tuomas Oksman 2015-03-23.)



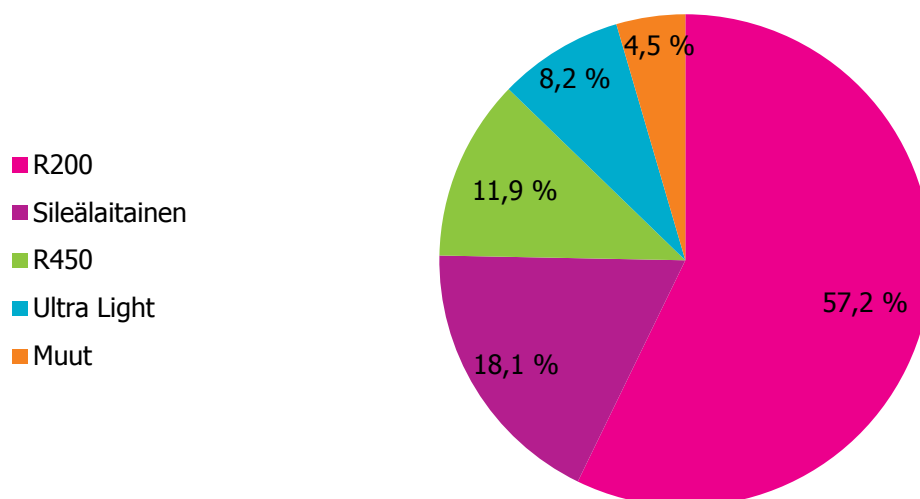
Pientavara varastoidaan pientavarahyllyihin (Kuva 9). Pientavarahyllyt ovat vaihtelevassa järjestyksessä: osa hyllyistä on hyvässä ja osa hieman huonommassa järjestyksessä. Pientavarahyllyjä sijaitsee ympäri lavatuotantoa ja yksi pientavarahylly on jopa levytuotannon puolella.



KUVA 9. Pientavaran varastointia pientavarahyllyissä (Tuomas Oksman 2015-03-23.)

## 5.2 Eri lavamallien osuudet lavatuotannossa

Lavatuotannon eri lavamallien osuudet selvitettiin valmistettavien lavojen Excel-taulukosta. Huomi-  
oon otettiin kaikki valmistetut lavat vuosina 2012 - 2014. Kaikkiaan näiden vuosien aikana oli valmis-  
tettu 243 lavaa. Vertailussa laskettiin osuudet erikseen seuraaville lavamalleille: R200, R450, Ultra  
Light ja sileälaitainen, kun taas muut erikoisemmat tai harvinaisemmat lavamallit laskettiin yhdeksi  
osuudeksi (Kuvio 2). Muihin lavamalleihin kuului muun muassa R450 Stone, tolppalaitainen ja Siro-  
matic. Tämän selvityksen avulla osattiin jatkossa keskittyä paremmin suosituimpien lavamallien ma-  
teriaalihallinnan parantamiseen.



KUVIO 2. Lavamallien osuudet lavatuotannossa

Yleisimmät lavamallit olivat R200, sileälaitainen, R450 ja Ultra Light. Ultra Light -lavamalli on kuiten-  
kin tuotannosta hiljalleen poistuva malli, joten sitä ei otettu huomioon materiaalihallintaa parannet-  
taessa. Tästä syystä jatkossa keskityttiin kolmeen suosituimpaan lavamalliin, jotka muodostavatkin  
yhdessä noin 87 % kaikista tehdyistä lavoista. Muut-osion lavamallit ovat niin harvinaisia, että niiden  
lavamallien vakio-osia ei kannata tehdä valmiiksi varastoon vaan ne valmistetaan tilausten mukaan.

## 6 LAVATUOTANNON MATERIAALIHALLINNAN KEHITTÄMINEN

Kolmen suosituimpien lavamallien osista tehtiin omat osaluettelot 2D-piirustuksien pohjalta ja osit-  
tain myös hyödyntäen 3D-malleja. Lavan osat eroteltiin neljään eri kokonaisuuteen: pohjan, sivulai-  
tojen, etulaidan ja perälaudan osiin. Osaluettelosta selvitettiin osista seuraavat asiat: KP-numero,  
nimi, mitat, kuvaus, kappalemäärä, hälytysraja, täydennyserä, maksimi varastosaldo, hyllypaikkojen  
määrä, muuttuvat tekijät, varastointitapa sekä paino. Osaluetteloon tehtiin suuntaa antava painolas-  
kuri, jotta osien paino tiedettiin suunniteltaessa niiden hyllypaikkoja. Osaluettelosta näkyi myös  
muuttuuko osa, jos lavan pituutta, perälaudan varren pituutta tai laitojen korkeutta muutetaan. Näin  
eri lavamallit ja niiden osat saatiin tutuiksi ja tiedettiin mille osille varastohyllyissä pitäisi olla hylly-  
paikat. Kuvassa 10 näkyy esimerkki lavan osien osaluettelosta.

Vetoauto R200, pohjan osat												
KP	Nimi	Selite	KPL	HR	TE	Max	HP	Muuttuvat tekijä	L	I	K	kg
x	Pohja		1					av. pituus			x	
x	U-palkki	pitkittäin, reunimmainen	2					pituus			x	
x	U-palkki	pitkittäin, keskempi	2					pituus			x	
x	Levy	Vahvenne	4					pituus				
x	Kisko		2					pituus			x	
20201	U-palkki	pitkittäin, perä	2	2	6	8	1	pituus(käsivarasi)	2		x	eri
20202	U-palkki	Var 2	2	2	6	8	1	pituus(käsivarasi)				eri
	L-palkki	pitkittäin, perä	1					prof. leveys		x		sama
	L-palkki	Var 2	1					prof. leveys		x		sama
	Levy	Var 2	2					pituus(käsivarasi)	2		x	sama
	Levy		2					pituus(käsivarasi)				sama
20279	U-palkki	pitkittäin, pitkä	3	3	9	12	1			x	x	eri
20280	U-palkki	pitkittäin, perä	1	1	3	4	1			x		eri
20203	U-palkki	pitkittäin, keski	5	5	15	20	2			x		eri
20204	U-palkki	pitkittäin, sivut	2	2	6	8	1			x		eri
	Nurkkapalkki	200 x 350	12									eri
	Nurkkapalkin kansti	200	4									eri
	Nurkkapalkin kansti	350	2									eri
	Kippipöytä	Kippipöytä 610x400	1				1			x		sama
	Kaatosaranan jakopala	pyörä, perä	2							x		sama
	Vinopalkki	Taivutettu palkki, perä	2							x		sama
	Peräpalkin tukilevy	kolmio	2							x		sama
	Peräpalkin päätäylevy	kolmio	2							x		sama
	Näkökulku		x							x		sama
	Rajoinnin korvainen		1							x		sama
	Levy	Rajoinnin korvainen	1							x		sama
	RHS	teräslapioventi	2									eri

KUVA 10. Esimerkki lavan osien osaluettelosta

### 6.1 Hyllyjen järjestys

Tehtyjen osaluetteloiden pohjalta lähdettiin miettimään osille uutta järjestystä hyllyihin. Lavahylly-  
paikkojen suunnittelussa käytettiin avuksi Exceliä ja sen piirtotyökaluja. Näin saatiin melko nopeasti  
kuva, siitä kuinka paljon hyllypaikkoja vakio-osille todellisuudessa tarvitaan. Excelissä piirrettiin  
karkeat suorakulmio-mallit osista, jotka tulitisiin sijoittamaan kuormalavoille. Osaluetteloissa osien  
mallien varastointitaparuudut värjättiin samalla värillä kuin itse palkit hyllyjen järjestys –taulukossa  
(Kuvat 10 ja 11). Osien järjestys hyllyihin suunniteltiin seuraavan järjestyksen mukaisesti:

1. Suosituimmat lavamallit laitettiin järjestykseen R200, R450 ja sileälaitainen.
2. Jokainen lavamalli jaettiin vetoauton ja perävaunun osiin
3. Lavojen osat jaettiin vielä pohjan, sivulaitojen, etulaidan ja takalaidan osaosiin.





## 6.2 Layout

Hyllyjen paikat lavatuotannon tiloissa mietittiin uudelleen ja hyllyjen sijoittelua yhtenäistettiin. Hyllyt levytuotannon puolelta siirretään lavatuotannon puolelle. Uuden layoutin suunnittelussa huomioitiin myös mahdollisuus siirtyä tuotantolinjamaiseen layoutiin. Vakio-osien tärkein hylly sijoitettiin tulevaisuuden kokoonpanopaikan lähelle. Hyllyn täyttämisen on tarkoitus tapahtua junaradan puolelta, kun taas osien ottaminen kokoonpanopaikan puolelta. Näin hylly olisi läpivirtaava. Lavatuotanto 2 päätettiin poistaa kokonaan, koska lavatuotanto pystytään tekemään lavatuotanto 1:ssä ja näin lavatuotanto saadaan yhtenäiseksi. Kuvassa 14 on esitetty lavatuotannon uusi layout.



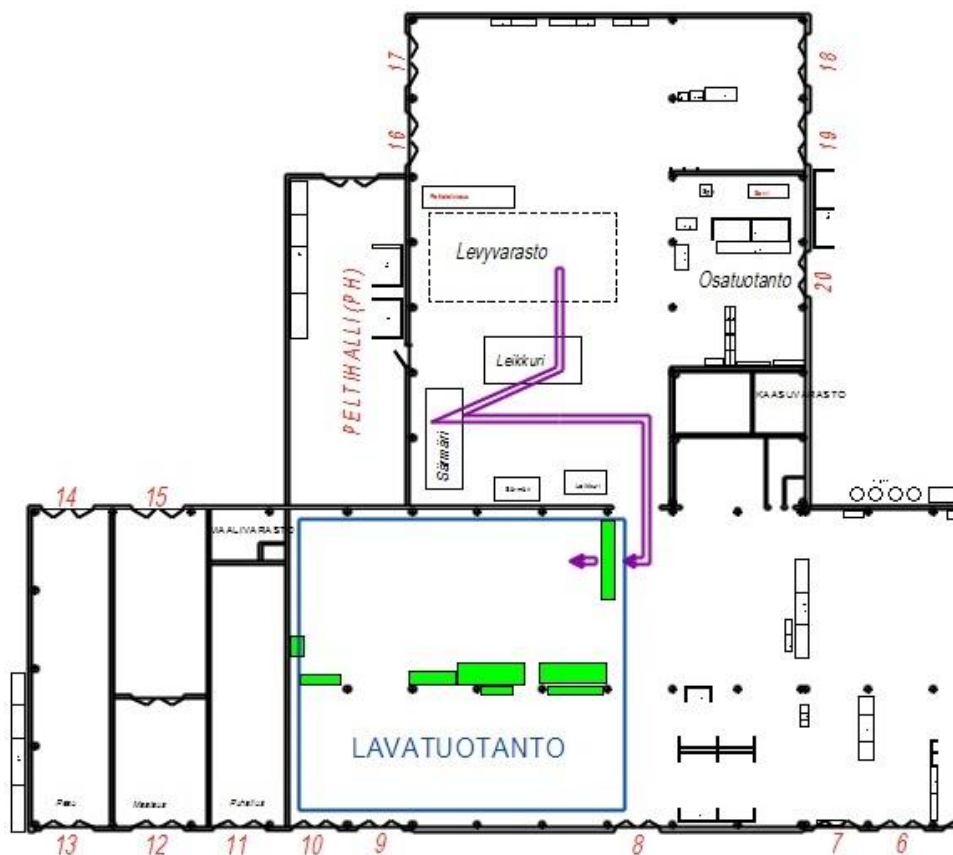
KUVA 14. Lavatuotannon uusi layout

Kuvassa 15 on esitetty matka, minkä U-palkki saattoi kulkea pahimmillaan ennen layoutin muutosta. Levytuotannossa levy leikattiin, jonka jälkeen se särmättiin U-palkiksi. Siitä valmis U-palkki jatkoi matkaansa kuormalavahyllyyn ja lopuksi lavatuotanto 2 -alueelle.



KUVA 15. Esimerkkisiirto vanhalla layoutilla

Kuvassa 16 on esitetty kuvan 15 U-palkin esimerkkisiirto uudella layoutilla.



KUVA 16. Esimerkkisiirto uudella layoutilla

### 6.3 Kuormalavahyllyn kustannusarvio

Kuormalavahyllyn kustannusarviossa vertailtiin, kuinka paljon kuormalavahyllyjen eri vaihtoehdot tulisivat maksamaan. Suunnitellussa hyllyssä tulisi olla vähintään 27 EUR-lavapaikkaa. Kustannusarviossa vaihtoehtoina olivat uuden hyllyn tekeminen itse ja uuden hyllyn ostaminen.

Itse tehdyn uuden hyllyn materiaalikustannukset laskettiin käyttäen 50 x 90 -putkiprofiilia ja arvioitiin työajaksi 12 tuntia. Uuden hyllyn hinta laskettiin Turun Hylly- ja Trukkitalo Oy:n verkkokaupan hintojen mukaan. Taulukossa 2 on esitetty vaihtoehtojen kustannusarviot.

TAULUKKO 1. Eri vaihtoehtojen kustannusarviot

Vaihtoehto	Hinta (€)
Uuden ostaminen	691,5
Uuden tekeminen	768,8

Selvästi näitä vaihtoehtoja halvemmaksi tulisi entisien hyllyjen hyödyntäminen. Yrityksen tiloista löytyy melko hyväkuntoisia hyllyjä, joten niiden käyttäminen ja muokkaaminen olisi kannattavinta.

### 6.4 Hyllypaikkakortit

Hyllypaikkakortit tehtiin varastossa jo käytössä olevien korttien pohjalta lisäten niihin hälytysrajojen ja täydennyserien suuruudet. Uusiin hyllypaikkakortteihin ensimmäiselle riville tuli nimikkeen KP-numero, toiselle riville nimikkeen tiedot, kolmannelle riville nimikkeen hälytysraja ja täydennyserä ja alimmaiselle riville nimikkeen yksilöllinen viivakoodi. Nimikkeen KP-numero on yksilöllinen piirustusnumero. Kuvassa 17 näkyy esimerkki uudesta hyllypaikkakortista.

**KP20201**

U-80x250x80x5-470-S650

Hälytysraja: 2 Täydennyserä: 6



KUVA 17. Esimerkki hyllypaikkakortista

## 6.5 Varastovalvonta

Varastovalvonta on tarkoitus suorittaa inventoimalla. Tarkka inventointi suoritetaan tarvittaessa, mutta vähintään kaksi kertaa vuodessa. Varastosaldojen pääasiallinen seuranta tapahtuu silmämääräisesti päivittäin. Varastosaldojen seuraaminen on levypuolen työntekijöiden vastuulla, mutta myös lavahitsari ilmoittaa tarpeesta sen huomatessaan. Silmämääräinen seuranta on järkevää, koska se on helppo ja vaivaton toteuttaa.

Varaston valvonnassa on mahdollisuus siirtyä tulevaisuudessa WorkManager-järjestelmän hyödyntämiseen eli saldomuutoksien kirjaus tapahtuisi viivakoodilla. Osavalmistuksen työntekijät kirjaisivat saldomuutokset täydentäessään hyllyjä ja lavahitsarit ottaessaan osia. Näin nimikkeiden varastosaldo olisi aina ajan tasalla järjestelmässä. Tämän järjestelmän käyttöönotto lavatuotannon nimikkeiden varastoinnissa on huomattavasti suurempi urakka kuin silmämääräinen valvonta. Ainakin tällä hetkellä siitä koituva työ määrä on liian suuri siitä saataviin hyötyihin nähden.

## 6.6 Varastonohjaus

Varastonohjaus toteutettiin tilauspistemallin mukaisesti. Tuotanto on imuohjautuvaa. Impulssi täydennyserän tekemiselle aiheutuu, kun saavutetaan tai alitetaan hälytysraja. Lavatuotannossa kysyntä on vaihtelevaa, mutta suosituimpien lavamallien menekki on lähes 87 % kaikista lavamalleista. Siksi onkin tärkeää, että suosituimpien lavamallien vakio-osia varastoidaan ja näin lopullisen tuotteen eli lavan läpimenoaikaa saadaan lyhennettyä.

Hälytysrajan suuruutena käytettiin yhteen lavaan tarvittavien osien lukumäärää. Näin voidaan turvata lähes aina yhden lavan vakio-osien saatavuus heti. Täydennyserän suuruudeksi muodostettiin keskimäärin kolmeen lavaan tarvittavien osien määrä. Hyllyissä on siis keskimäärin maksimissaan neljään lavaan tarvittavien vakio-osien määrä. Näin varastohyllyt eivät vie kohtuuttomasti tilaa. Täydennyserän suunnittelussa otettiin huomioon varastoimisesta johtuvat kulut, eräkoon kannattavuus sekä eri lavamallien suosio. Yrityksen oma levyosasto mahdollistaa, että särmättävien osien täydennyserät voivat olla melko pieniä.

## 6.7 WorkManager-ohjelman hyödyntäminen

Nimikkeiden tiedot syötettiin järjestelmään. Järjestelmällä voidaan määrittää nimikkeen kustannukset eli materiaalikustannukset ja työkustannukset. Materiaalikustannuksia varten nimikkeistä syötettiin materiaali ja paino. Työstä aiheutuvat kustannukset voidaan määrittää tekemällä työmääräin ja laskemalla siitä yhden osan työkustannus.

## 7 LEAN KÄYTÄNNÖSSÄ

Työn tekemisessä otettiin huomioon Lean-ajattelumalli. Suosituimpien lavamallien vakio-osien varastointia parannettiin ja selkeytettiin. Näin poistettiin turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä eli hukkaa. Taulukossa 1 näkyy, kuinka hukkien eliminointi toteutettiin.

TAULUKKO 2. Hukkien eliminointia

Hukka	Alkutilanne	Parannus
<b>Ylituotanto</b>	Osavalmistuksen eräkoot olivat aika ajoin ylisuuria ja osia jäi lojumaan hyllyihin.	Osatuotanto tasoitettiin muokkaamalla eräkoot sopiviksi.
<b>Odottelu</b>	Suuri osa vakio-osistakin valmistettiin tilauksesta. Osien valmistusta ohjasi joko lavahitsarin tarve tai työnjohdon määräys.	Suosituimpien lavamallien vakio-osat löytyvät suoraan hyllystä. Tilauspisteet ja täydennyserät määriteltiin järkeviksi.
<b>Varastointi</b>	Varastointi epäselvää. Kaikissa hyllyissä osille ei ole selvää järjestystä.	Varastointiin luotiin järjestys. Luotiin jokaiselle hyllyyn kuuluvalla osalla oma paikkansa.
<b>Tarpeeton liike</b>	Osien turha etsintä tuotti tarpeetonta liikettä.	Osat löytyvät niille kuuluvilta paikoilta ja hyllyt keskitetty tuotantotilaan.
<b>Virheet</b>	Osien etsintävaiheessa oli mahdollisuus erehtyä. Hyllyistä saattoi löytyä vanhoja jo poistuneiden lavamallien osia.	Osat löytyvät niille kuuluvilta paikoilta. Poistuneiden lavamallien tuotteet poistettiin hyllyistä.

Varastoinnin suunnittelussa huomioitiin myös työturvallisuuden ja ergonomian lisääminen. Kuormalavahyllyistä suunniteltiin kolmikerroksisia ja hyllyille tulevat osat sijoiteltiin huomioiden osien käsittelyvyys eli mitat ja paino. Suosituimmat eli useasti tarvittavat nimikkeet sijoiteltiin helpoiten saataville.

Hyllyjen järjestykseen ja järjestelyyn sovellettiin 5S-menetelmää. Hyllyihin sijoitettiin vain välttämättömät osat ja hyllyjen järjestyksestä tehtiin yksinkertainen. Hyllyjen ohjaus ja siisteyden ylläpito systematisoitiin ja toimintatapaa noudatetaan jatkossakin.

Järjestelmää kehitetään jatkuvasti. Siisteyttä ja järjestystä ylläpidetään sekä tarpeen vaatiessa tilaustapisteiden ja täydennyserien suuruuksia muokataan sopivammiksi.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunniteltiin lavatuotannon osien varastointi sekä niiden hallinta ja ohjaus toimivaksi kokonaisuudeksi. Toisin sanottuna työn tuloksina syntyivät suunnitelmat hyllypaikoista, hyllypaikkakorteista, nimikkeiden järjestyksestä sekä niiden hälytysrajoista ja toimituseristä. Suunnittelussa otettiin huomioon myös työturvallisuus ja ergonomia. Työn tuloksien avulla saadaan vähennettyä eri hukkia, kuten ylituotantoa, odottelua, tarpeetonta liikettä, virheitä ja varastointitilaa sekä -aikaa.

Opinnäytetyössä laaditut suunnitelmat ja materiaalit vastaavat mielestäni hyvin työlle asetettuja tavoitteita ja vaatimuksia. Hyvällä työn rungon ja ajankäytön suunnittelulla opinnäytetyö eteni hyvin. Työ antoi paljon tietoa Lean-ajattelumallista, materiaalihallinnasta ja hyvin suunnitellun layoutin vaikutuksesta tuotannon virtaukseen.

Sivutuloksina opinnäytetyössä syntyivät suosituimpien lavamallien osaluettelot sekä KP-piirustukset. Lavamallien KP-piirustuksiin on merkitty tiettyä osaa vastaava KP-numero. Näiden sivutuloksien pohjalta voisi tulevaisuudessa koota uusille lavahitsareille tietopaketin, jonka avulla pystyisi sisäistämään nopeasti eri lavamallit ja niiden rakenteet. Osaluetteloiden pohjalta voisi kehittää myös konfiguroidun tuoterakenteen. Tämän pohjalta pystyisi luomaan konfiguroidun 3D-mallin sekä lavan paino- ja tarjouslaskurin. Edellä mainituista ideoista saisi luotua halutessaan opinnäytetyön aiheita.

Haapajärven Kome Oy pystyy parantamaan opinnäytetyön avulla lavatuotannon materiaalihallintaa, jolloin myös lavatuotannon kannattavuus paranee. Opinnäytetyö antaa tietopaketin käytännön toteutukselle.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HAAPAJÄRVEN KOME OY, www-sivut. [Viitattu 2015-03-23.] Saatavissa: <http://www.kome.fi/> Polku: Yritys.

HAVERILA, Matti, UUSI-RAUVA, Erkki, KOURI, Ilkka ja MIETTINEN, Asko 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

HOKKANEN, Simo ja VIRTANEN Seppo 2012. Varastonhoitajan käsikirja. 1. painos. Tallinna: Tallinna Raamatutükikoda.

JUUTILAINEN, Ilkka 2012. Lavatuotannon kehittäminen: Haapajärven Kome Oy:n Iisalmen tehtaan lavatuotannon kehittäminen. Savonia-ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2015-03-23.] Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/53311>

JUUTILAINEN, Ilkka 2015-03-15. Työnjohtaja. [Haastattelu.] Iisalmi: Haapajärven Kome Oy.

KARHUNEN, Jouni, POURI, Reijo ja SANTALA, Jouko 2004. Kuljetukset ja varastointi. Helsinki: WS Bookwell Oy.

KARRUS, Kaij E. 2001. Logistiikka. Helsinki: WSOY.

KOURI, Ilkka 2009. Lean-taskukirja. Helsinki: Kopio Niini Oy.

LAPINLEIMU, Ilkka, KAUPPINEN, Veijo ja TORVINEN, Seppo 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY.

LIKER, Jeffrey K. 2006. Toyota tapaan. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

PELTONEN, Aarne 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Hakapaino Oy.

TEKNOLOGIATEOLLISUUS 2009. 5S. Helsinki: Kopio Niini Oy.